

## **PROCEDE DE SUIVI DU DEROULEMENT DU PLAN DE VOL D'UN AERONEF COOPERATIF**

La présente invention concerne le suivi, par une autorité de contrôle, du déroulement du plan de vol d'un aéronef pourvu d'un calculateur de gestion du vol FMS (« Flight Management System » en anglo-saxon) et relié par un système de transmission de données à l'autorité de contrôle. Elle intéresse notamment la gestion du trafic aérien au moyen du système ATM (« Air Traffic Management system » en anglo-saxon).

Les autorités de contrôle du trafic aérien organisent la circulation aérienne dans les volumes aériens placés sous leur contrôle à partir de plans de vol 4D, qui leur sont soumis à l'avance par les équipages des aéronefs. Elles vérifient que les différents plans de vol soumis sont compatibles avec la sécurité des différents acteurs avant de les approuver puis surveillent, lors de leurs déroulements, les écarts des aéronefs par rapport aux positions prévues et donnent des consignes de déroutement lorsque ces écarts tendent à des rapprochements entre aéronefs menaçant leur sécurité.

Un plan de vol 4D définit un squelette de trajectoire 3D (latitude longitude, altitude) associé à une chronologie de parcours au moyen d'un enchaînement de points de passage WP (« WayPoint » en anglo-saxon) qui sont placés, sur le trajet de l'aéronef, aux endroits de changement de contraintes de vol et qui sont associés individuellement à diverses contraintes locales de vol : contraintes d'altitude, de vitesse, de cap de capture, de cap d'échappement, de vitesse sol, de vitesse verticale, de date de passage, etc.. L'enchaînement des points de passage WP définit la projection latérale de la route envisagée. Les contraintes locales de vol déterminent la projection verticale de la route envisagée et la chronologie de parcours. Le suivi d'un plan de vol par un aéronef consiste à rallier les points de passage WP dans l'ordre de leur enchaînement en parcourant entre deux points de passage WP successifs un segment de droite (« Legs » en anglo-saxon), en fait un segment de grand arc de cercle terrestre, tout en respectant les contraintes locales associées aux points de passage WP délimitant les extrémités du segment.

L'équipage ou le calculateur de gestion du vol FMS d'un aéronef détermine la trajectoire 3D effectivement suivie par l'aéronef en se basant sur le squelette de trajectoire 3D du plan de vol et de la chronologie de

## 2

parcours précisés dans le plan de vol, et en tenant compte des capacités de manœuvre de l'aéronef et d'un degré de confort désiré. La prise en compte des capacités de manœuvre de l'aéronef et du confort désiré se traduit par l'introduction, dans la trajectoire 3D effectivement suivie par l'aéronef de transitions adoucies entre les segments de droite du squelette de trajectoire 3D du plan de vol. Ces transitions adoucies entraînent des changements de contraintes de vol en des points de passage spécifiques dits pseudo-points de passage PWP qui ne sont pas mentionnés dans le plan de vol.

Les autorités de contrôle du trafic aérien utilisent les plans de vol qui leur sont soumis pour estimer les positions théoriques instantanées des aéronefs dans leurs volumes aériens et évaluer les risques de collision. L'évaluation des risques de collision se fait en attribuant à chaque aéronef, son propre corridor de protection (un volume en forme de tube placé autour de la position théorique à court terme de l'aéronef et orienté selon le vecteur vitesse théorique de l'aéronef) qui ne doit intercepter aucun autre corridor de protection. La largeur des corridors de protection tient compte des possibilités de transitions adoucies entre deux segments d'un plan de vol.

Pour l'appréciation des écarts entre les positions réelles et théoriques des aéronefs en vue d'un recentrage éventuel de leurs volumes de protection et de possibles commandes d'évitement pour résoudre des risques de collision nouvellement apparus, les autorités de contrôle du trafic aérien font appel à des moyens non-coopératifs de repérage des aéronefs tels que des radars primaires mais également à des moyens coopératifs permettant de demander aux aéronefs des informations sur leurs positions instantanées réelles tels que des transmissions en phonie avec les équipages, des radars secondaires interrogeant des répondeurs embarqués ou le système ATM en relation par transmission de données avec les calculateurs de gestion du vol des aéronefs.

Lorsque le système ATM est utilisé, le calculateur de gestion du vol FMS d'un aéronef fournit sur demande la position instantanée et le vecteur vitesse instantanée de l'aéronef ainsi que des prévisions de date, d'altitude et de vecteur vitesse de franchissement d'un prochain point de passage WP, ce qui permet aux autorités de contrôle du trafic aérien de recalculer la position d'un aéronef par rapport à son plan de vol pour le faire cadrer avec la situation réelle.

## 3

Compte-tenu des transitions adoucies agrémentant la trajectoire effectivement suivie, un aéronef ne passe pas nécessairement exactement au droit d'un point de passage mentionné dans son plan de vol si le survol du point de passage n'est pas obligatoire. Dans ce cas, l'instant de franchissement d'un point de passage est assimilé à l'instant de passage au plus près.

La présente invention a pour but d'améliorer la précision avec laquelle une autorité de contrôle de trafic aérien appréhende les positions et les trajectoires à court terme des aéronefs en lui permettant de tenir compte des transitions adoucies agrémentant les trajectoires effectives des aéronefs entre les segments consécutifs de leurs plans de vol. Grâce à cette précision accrue, l'autorité de contrôle peut soit améliorer à trafic constant les distances effectives de séparation entre les aéronefs évoluant dans son espace, soit augmenter la densité du trafic pour des distances effectives de séparation entre aéronefs inchangées.

Elle a pour objet un procédé de suivi du déroulement d'un plan de vol d'un aéronef coopératif pourvu d'un calculateur de gestion du vol FMS relié par une liaison de transmission de données à une autorité de contrôle. Le plan de vol connu de l'autorité de contrôle est constitué d'un enchaînement de points de passage WP associés à des contraintes locales de vol définissant un squelette de trajectoire à suivre et une chronologie de parcours à respecter. L'autorité de contrôle se sert du plan de vol pour estimer la position instantanée de l'aéronef. Le calculateur de gestion du vol FMS construit, à partir du squelette de trajectoire et de la chronologie de parcours précisés dans le plan de vol, une trajectoire effective avec des transitions latérales et verticales adoucies, dimensionnées pour tenir compte des capacités de manœuvre de l'aéronef et d'une consigne de confort, et repérées au moyen de pseudo-points de passage PWP associés à des contraintes locales de vol, la position d'un pseudo-point de passage PWP marquant le début d'une transition et les contraintes locales de vol associées définissant les propriétés de la transition. Ce procédé est remarquable en ce que le calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef calcule les emplacements des projections des pseudo-points de passage PWP sur le

squelette de trajectoire précisé dans le plan de vol et les communique par la liaison de transmission de données à l'autorité de contrôle qui les utilise pour améliorer son estimation de la position instantanée de l'aéronef le long de son plan de vol, et ainsi mieux assurer sa mission d'espacement et séparation des traffics.

Avantageusement, le calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef projette les pseudo-points de passage PWP sur le squelette de trajectoire du plan de vol en conservant les distances, la distance à un point de passage WP de la projection d'un pseudo-point de passage PWP étant égale à celle séparant le pseudo-point de passage PWP projeté du point de la trajectoire effective de l'aéronef le plus proche du point de passage considéré.

Avantageusement, le calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef projette les pseudo-points de passage PWP sur le squelette de trajectoire du plan de vol en conservant les distances mesurées en unité de longueur, la distance à un point de passage WP de la projection d'un pseudo-point de passage PWP étant égale à celle séparant le pseudo-point de passage PWP projeté, du point de la trajectoire effective de l'aéronef le plus proche du point de passage considéré.

Avantageusement, le calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef projette les pseudo-points de passage PWP sur le squelette de trajectoire du plan de vol en conservant équivalentes, les distances mesurées en temps de parcours, le temps du parcours d'un point de passage WP à la projection d'un pseudo-point de passage PWP étant pris égal au temps du parcours du pseudo-point de passage PWP projeté, au point de la trajectoire effective de l'aéronef le plus proche du point de passage considéré.

Avantageusement, le calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef communique à l'autorité de contrôle, avec les emplacements des projections des pseudo-points de passage PWP sur le squelette de trajectoire précisé dans le plan de vol, des indications sur la nature et

## 5

l'ampleur des changements de consigne locale de vol associées aux pseudo-points de passage PWP projetés.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple. Cette description sera faite en regard du dessin dans lequel :

- une figure 1 montre un exemple d'architecture d'un système aéronef-sol convenant à la mise en œuvre de l'invention, et
- une figure 2 est un diagramme montrant une trajectoire réellement suivie à transitions adoucies et la portion de plan de vol correspondante, avec les positions sur la trajectoire réelle considérées comme franchissement des points de passage WP et les positions sur le plan de vol communiquées au contrôle sol comme pseudo-point de passage PWP.

Le système aéronef-sol de contrôle de trafic aérien représenté à la figure 1 comporte une station sol de contrôle du trafic aérien 2 en liaison radioélectrique avec les calculateurs de gestion du vol FMS 30 des aéronefs 1 circulant dans le volume aérien placé sous sa responsabilité.

Le calculateur de gestion du vol FMS 30 est un équipement embarqué de pilotage qui agit sur le comportement d'un aéronef 1, par l'intermédiaire d'un pilote automatique et/ou directeur de vol FD/PA 20 et d'équipements de commande de vol 11.

Brièvement, un aéronef est piloté en jouant sur les orientations de surfaces aérodynamiques mobiles (gouvernes, volets, etc.) et sur le régime du ou des moteurs de propulsion. Il dispose pour cela d'un premier niveau indispensable d'équipements de pilotage constitué d'actionneurs 10 orientant les surfaces mobiles et ajustant la poussée des moteurs et d'équipements de commande de vol 11 (manche, palonniers, manettes, etc.) qui élaborent des consignes de position pour les actionneurs 10 et qui sont manipulés directement ou indirectement par l'équipage de l'aéronef. A ce premier niveau d'équipements indispensables pour le pilotage s'ajoute un deuxième niveau d'équipements de pilotage constitué par le directeur de vol / pilote automatique FD/AP20 (« Flight Director / automatic Pilot » en anglo-saxon) dont la fonction est de faciliter la tâche de l'équipage en automatisant le suivi de consignes de vol telles que des consignes de cap, d'altitude, de vitesse

sol, de vitesse verticale, etc. Le directeur de vol /pilote automatique FD/AP 20 fonctionne selon deux modes principaux : un mode dit « directeur de vol » où il indique au pilote, par l'intermédiaire d'écrans de visualisation EFIS 52 (« Electronic Flight Instrument System » en anglo-saxon) les ordres à donner aux commandes de vol 11 pour le suivi d'une consigne de vol et un mode dit : « pilote automatique » où il agit directement sur les commandes de vol 11. Après ces premier et deuxième niveaux d'équipements de vol vient un troisième niveau constitué du calculateur de gestion du vol FMS 30 qui a pour fonction de faciliter, jusqu'à automatisation complète, les tâches de préparation et de suivi d'un plan de vol.

Le calculateur de gestion du vol FMS 30 et le directeur de vol /pilote automatique FD/AP 20 sont paramétrables par l'équipage au moyen de deux interfaces homme-machine, l'une 50 dite MCDU (« Multipurpose Control Display Unit » en anglo-saxon) ressemblant à une calculatrice et permettant un paramétrage fouillé, et l'autre 51 dite FCU (" Flight Control Unit" en anglo-saxon) placée en bandeau à la base du pare-brise du cockpit et permettant un paramétrage succinct mais plus aisé que le MCDU 50. Ils exploitent avec les afficheurs EFIS 52, des informations de vol fournies par des capteurs de vol FS 40 (« flight sensors » en anglo-saxon) tel qu'un altimètre barométrique ou un radioaltimètre, une centrale inertielle ou un récepteur de positionnement par satellites, des sondes de vitesse air, etc..

En plus de ces équipements de pilotage, l'aéronef dispose d'équipements de radiocommunication AATNP 53 (« Airborne Aeronautical Telecommunication Network Part » en anglo-saxon) lui permettant d'utiliser le réseau de transmission numérique ATN pour des échanges d'informations avec le sol.

De son côté, la station sol de contrôle du trafic aérien 2 comporte un dispositif de gestion du trafic TM 60 (« Traffic Management » en anglo-saxon) associé à des équipements de radiocommunication GATNP 61 (« Ground Aeronautical Telecommunication Network Part » en anglo-saxon).

Lors d'une préparation de mission, l'équipage d'un aéronef choisit, pour se rendre de son point de départ à son point de destination, une trajectoire 3D avec des consignes et contraintes de vitesse qui induisent une chronologie de parcours. La trajectoire 3D avec sa chronologie de parcours

est construite à partir d'un squelette constitué d'un enchaînement de segments de grand arc de cercle terrestre reliant les points correspondant à des changements de consignes de vol dits points de passage WP. Les points de passage WP et les contraintes locales de vol qui leur sont associées constituent un document dénommé plan de vol destiné d'une part, aux autorités de contrôle du trafic aérien qui l'utilise pour estimer la position théorique de l'aéronef dans les volumes aériens surveillés et vérifier qu'il n'y a pas de risques de collision avec d'autres aéronefs et, d'autre part, à l'équipage et au calculateur de gestion du vol FMS de l'aéronef qui l'utilisent pour déterminer la trajectoire et la chronologie de parcours effectivement suivies par l'aéronef.

En vue de permettre à la station de contrôle du trafic aérien 2 d'améliorer son estimation de la position de l'aéronef faite à partir du squelette de trajectoire 3D et de la chronologie de parcours précisés dans le plan de vol, le calculateur de gestion du vol FMS 30 d'un aéronef 1 lui fournit, par l'intermédiaire du réseau aéronautique de télécommunication ATN du système ATM (équipements AATNP et GATNP figure 1), des informations sur le déroulement réel du plan de vol telles que la date prévue pour le franchissement d'un prochain point de passage, date d'acquisition d'une altitude donnée, etc..

Les informations sur le déroulement réel du plan de vol communiquées par le calculateur de gestion du vol FMS d'un aéronef à une station de contrôle du trafic aérien dans le nouveau système ATM sont cependant assez restreintes et ne permettent pas au contrôle aérien de tenir compte avec précision des adoucissements de transition entre des segments du plan de vol effectués par un calculateur de gestion du vol FMS en vue de tenir compte des capacités de manœuvre de l'aéronef et de garantir un certain degré de confort aux passagers de l'aéronef. On se propose d'améliorer l'information d'une station de contrôle du trafic aérien sur le déroulement réel d'un plan de vol en ajoutant aux informations déjà communiquées par le calculateur de gestion du vol FMS d'un aéronef, des informations supplémentaires concernant les adoucissements de transition pratiqués, qui soient faciles à exploiter à partir du plan de vol.

La figure 2 illustre, en projection latérale, une portion de plan de vol  $LT_{FP}$  constituée de quatre points de passage consécutifs  $WPI-2$ ,  $WPI-1$ ,

W<sub>Pi</sub> et W<sub>Pi+1</sub> avec, pour le dernier un cap d'échappement imposé par exemple, parce qu'il marque une entrée de piste d'atterrissage. Entre et autour de ces quatre points de passage consécutifs W<sub>Pi-2</sub>, W<sub>Pi-1</sub>, W<sub>Pi</sub> et W<sub>Pi+1</sub> s'enchaînent quatre segments rectilignes : un segment brisé 100 d'arrivée passant par le point de passage W<sub>Pi-2</sub> au point de passage W<sub>Pi-1</sub>, un premier segment intermédiaire 101 de ralliement s'étendant du point de passage W<sub>Pi-1</sub> au point de passage W<sub>Pi</sub>, un deuxième segment intermédiaire 102 de ralliement s'étendant du point de passage W<sub>Pi</sub> au point de passage W<sub>Pi+1</sub> et un segment 103 de sortie quittant le point de passage W<sub>Pi+1</sub>.

Compte tenu du faible écart de cap entre le segment d'arrivée 100 et le deuxième segment intermédiaire de ralliement 102, des forts écarts de cap du premier segment intermédiaire de ralliement 101 par rapport au segment d'arrivée 100 et au deuxième segment intermédiaire de ralliement 102, le calculateur de gestion du vol FMS choisit, pour l'aéronef, une trajectoire LT<sub>FMS</sub> aux transitions adoucies, qui redresse l'enchaînement des segments 100, 101, 102 du plan de vol pour rester dans le domaine de manœuvrabilité de l'aéronef et respecter une consigne de confort tout en collant au mieux au plan de vol. De la même façon, le calculateur de gestion du vol FMS adoucit la transition au dernier point de passage W<sub>Pi+1</sub> pour la prise du cap d'échappement imposé.

Lorsqu'il élabore, à partir du plan de vol, la trajectoire LT<sub>FMS</sub> à faire suivre l'aéronef, le calculateur de gestion du vol FMS place, sur cette trajectoire LT<sub>FMS</sub>, des points particuliers PW<sub>Pi,j</sub> affectés d'une double indexation, une indexation par un indice *i* repérant le segment rectiligne concerné et un indice *j* repérant leur ordre de succession sur le segment rectiligne concerné y compris les points de passage. Ces points particuliers PW<sub>Pi,j</sub>, dits pseudo-points de passage qui repèrent des consignes locales de vol différentes de celles associées au point de passage lorsque le pseudo-point est confondu avec un point de passage ou des changements de consignes locales de vol correspondant à des débuts de manœuvre de transition entre segments, ne sont pas répertoriés dans le plan de vol contrairement aux points de passage W<sub>Pi-2</sub>, W<sub>Pi-1</sub>, W<sub>Pi</sub>, W<sub>Pi+1</sub>.

Sur le segment brisé d'arrivée 100, on distingue deux pseudo-points de passage PW<sub>Pi-2,2</sub> et PW<sub>Pi-2,3</sub>, marquant le début et la fin de la



manœuvre de changement de cap de l'aéronef pour passer de la consigne de cap associée au point de passage  $W_{Pi-2}$  à celle associée au point de passage  $W_{Pi-1}$ . Sur le premier segment intermédiaire de ralliement 101, on distingue deux autres pseudo-points de passage, le premier  $PW_{Pi-1,2}$  correspondant à un début de manœuvre de changement de cap de l'aéronef pour passer de la consigne de cap associée au point de passage  $W_{Pi-1}$  à celle associée au point de passage  $W_{Pi}$  et le deuxième  $PW_{Pi-1,3}$  correspondant à un début de descente en vue d'atteindre la consigne d'altitude associée au point de passage  $W_{Pi+1}$  supposé ici marquer une entrée de piste d'atterrissage. Sur le deuxième segment intermédiaire de ralliement 102, on distingue quatre autres pseudo-points de passage, le premier  $PW_{Pi,2}$  correspondant à une manœuvre de décélération préparant un atterrissage, le deuxième  $PW_{Pi,3}$  marquant la fin de la manœuvre de changement de cap effectuée par l'aéronef pour tenir la consigne de cap associée au point de passage  $W_{Pi}$ , le troisième  $PW_{Pi,4}$  marquant le début d'une manœuvre de changement de cap pour permettre le survol effectif du point de passage  $W_{Pi+1}$  avec le cap imposé et le cinquième  $PW_{Pi,5}$  marquant le début de la manœuvre de changement de cap permettant de respecter la consigne de cap associée au survol du point de passage  $W_{Pi+1}$ .

Lors du suivi de la trajectoire  $LT_{FMS}$  retenue pour l'aéronef, le calculateur de gestion du vol FMS veille à modifier les consignes locales de vol aux franchissements par l'aéronef de ces pseudo-points de passage  $PW_{Pi,j}$ .

Pour faciliter et améliorer le suivi, par une station sol de contrôle du trafic aérien, de la progression de l'aéronef le long de son plan de vol, il est prévu dans le système ATM que le calculateur de gestion du vol FMS communique à la station sol, par le réseau aéronautique de transmission numérique ATN, une prévision de date de franchissement du prochain point de passage  $W_{Pi-2}$ ,  $W_{Pi-1}$ ,  $W_{Pi}$  ou  $W_{Pi+1}$  à atteindre. Lorsque, du fait des possibilités d'adoucissement des transitions entre segments d'un plan de vol, l'aéronef prévoit de ne passer qu'à proximité d'un point de passage, son calculateur de vol assimile le franchissement d'un point de passage WP au franchissement du point de la trajectoire effectivement suivie par l'aéronef, considéré comme le plus proche du point de passage WP concerné. Ainsi, le calculateur de gestion du vol FMS donne comme prévision de date de

franchissement du point de passage  $W_{Pi}$ , la date prévue du passage de l'aéronef au point  $SW_{Pi}$  de sa trajectoire effective  $LT_{FMS}$ .

En plus de ces dates de franchissement de points de passage  $W_{Pi-2}$ ,  $W_{Pi-1}$ ,  $W_{Pi}$ ,  $W_{Pi+1}$ , le calculateur de gestion du vol FMS signale, à la station sol de contrôle du trafic aérien, les emplacements  $SPW_{Pi-1,3}$  ;  $SPW_{Pi,2}$  ;  $SPW_{Pi,5}$  des projections des pseudo-points de passage  $PW_{Pi-1,3}$  ;  $PW_{Pi,2}$  ;  $PW_{Pi,5}$  qu'il utilise, sur le squelette de trajectoire précisé dans le plan de vol. Lorsqu'il effectue ces projections, il conserve les distances en veillant à ce que la distance entre la projection d'un pseudo-point de passage PWP et un point de passage WP soit égale à celle séparant le pseudo-point de passage PWP projeté, du point de la trajectoire effective de l'aéronef le plus proche du point de passage WP considéré, cette conservation de distance pouvant avoir lieu en unité de longueur ou en unité de temps de parcours.

Les emplacements des projections  $SPW_{Pi,j}$  des pseudo-points de passage  $PW_{Pi,j}$  signalés à la station sol de contrôle du trafic aérien sont repérés par les distances, exprimées en unité de longueur ou en temps de parcours, qui les séparent du point de passage  $W_{Pi}$  qui les précède ou du point de passage  $W_{Pi+1}$  qui les suit.

La connaissance des emplacements des projections, sur le plan de vol, des pseudo-points de passage où l'aéronef entame des manœuvres de transition permet à une station sol de contrôle du trafic aérien d'estimer de manière plus précise la position instantanée d'un aéronef en dehors des moments où il effectue des manœuvres de transition entre deux segments du plan de vol et d'adopter des couloirs de protection de moindre largeur pour un même degré de sécurité.

Avantageusement, les informations données par le calculateur de gestion du vol FMS, sur les emplacements des projections, sur le plan de vol, des pseudo-points de passage sont complétées par des indications sur la nature et l'ampleur des changements de consigne locale de vol associées aux pseudo-points de passage projetés afin d'indiquer à la station sol de contrôle du trafic aérien la direction dans laquelle le couloir de protection associé à l'aéronef doit être déformé pour maintenir la sécurité à un même niveau. Les indications sur la nature des changements peuvent consister à signaler que l'emplacement indiqué est celui de la projection sur les

squelettes de trajectoires latérale et verticale du plan de vol d'un pseudo-point de passage correspondant à un début ou une fin de montée, un début ou une fin de descente, un changement de vitesse verticale, un virage, etc.. Les indications sur l'ampleur des changements peuvent consister sur le rayon de courbure d'un virage et son ouverture (changement de cap recherché), sur le taux de pente adopté en début de montée ou de descente, etc..

## REVENDICATIONS

1. Procédé de suivi du déroulement d'un plan de vol d'un aéronef coopératif (1) pourvu d'un calculateur de gestion du vol (FMS 30) relié par une liaison de transmission de données (53, 61) à une autorité de contrôle (2), le plan de vol étant connu de l'autorité de contrôle (2) et constitué d'un enchaînement de points de passage ( $W_{Pi}$ ,  $W_{Pi+1}$ ) associés à des contraintes locales de vol définissant un squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) à suivre et une chronologie de parcours à respecter, l'autorité de contrôle (2) se servant du plan de vol pour estimer la position instantanée de l'aéronef (1), le calculateur de gestion du vol (FMS 30) construisant, à partir du squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) et de la chronologie de parcours précisés dans le plan de vol, une trajectoire ( $LT_{FMS}$ ) effective avec des transitions latérales et verticales adoucies, dimensionnées pour tenir compte des capacités de manœuvre de l'aéronef (2) et d'une consigne de confort, et repérées au moyen de pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) associés à des contraintes locales de vol, la position d'un pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) marquant le début d'une transition et les contraintes locales de vol associées définissant les propriétés de la transition, ledit procédé étant caractérisé en ce que le calculateur de gestion du vol (FMS 30) de l'aéronef (2) calcule les emplacements des projections ( $SPW_{Pi,j}$ ) des pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) sur le squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) précisé dans le plan de vol et les communique par la liaison de transmission de données (53, 61) à l'autorité de contrôle (2) qui les utilise pour améliorer son estimation de la position instantanée de l'aéronef (2).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le calculateur de gestion du vol (FMS 30) de l'aéronef (2) projette les pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) sur le squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) du plan de vol en conservant les distances, la distance à un point de passage ( $W_{Pi}$ ) de la projection ( $SPW_{Pi,j}$ ) d'un pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) étant égale à celle séparant le pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) projeté du point ( $SW_{Pi}$ ) de la trajectoire ( $LT_{FMS}$ ) effective de l'aéronef (2) le plus proche du point de passage ( $W_{Pi}$ ) considéré.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le calculateur de gestion du vol (FMS 30) de l'aéronef (2) projette les pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) sur le squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) du plan de vol en conservant les distances mesurées en unité de longueur, la distance à un point de passage ( $W_{Pi}$ ) de la projection ( $SPW_{Pi,j}$ ) d'un pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) étant égale à celle séparant le pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) projeté du point ( $SW_{Pi}$ ) de la trajectoire ( $LT_{FMS}$ ) effective de l'aéronef (2) le plus proche du point de passage ( $W_{Pi}$ ) considéré.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le calculateur de gestion du vol (FMS 30) de l'aéronef (2) projette les pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) sur le squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) du plan de vol en conservant équivalentes, les distances mesurées en temps de parcours, le temps de parcours d'un point de passage ( $W_{Pi}$ ) à la projection ( $SPW_{Pi,j}$ ) d'un pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) étant pris égale au temps de parcours du pseudo-point de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) projeté, au point ( $SW_{Pi}$ ) de la trajectoire ( $LT_{FMS}$ ) effective de l'aéronef (2) le plus proche du point de passage ( $W_{Pi}$ ) considéré.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le calculateur de gestion du vol (FMS 30) de l'aéronef (2) communique à l'autorité de contrôle (1), avec les emplacements des projections ( $SPW_{Pi,j}$ ) des pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) sur le squelette de trajectoire ( $LT_{FP}$ ) précisé dans le plan de vol, des indications sur la nature et l'ampleur des changements de consigne locale de vol associées aux pseudo-points de passage ( $PW_{Pi,j}$ ) projetés.

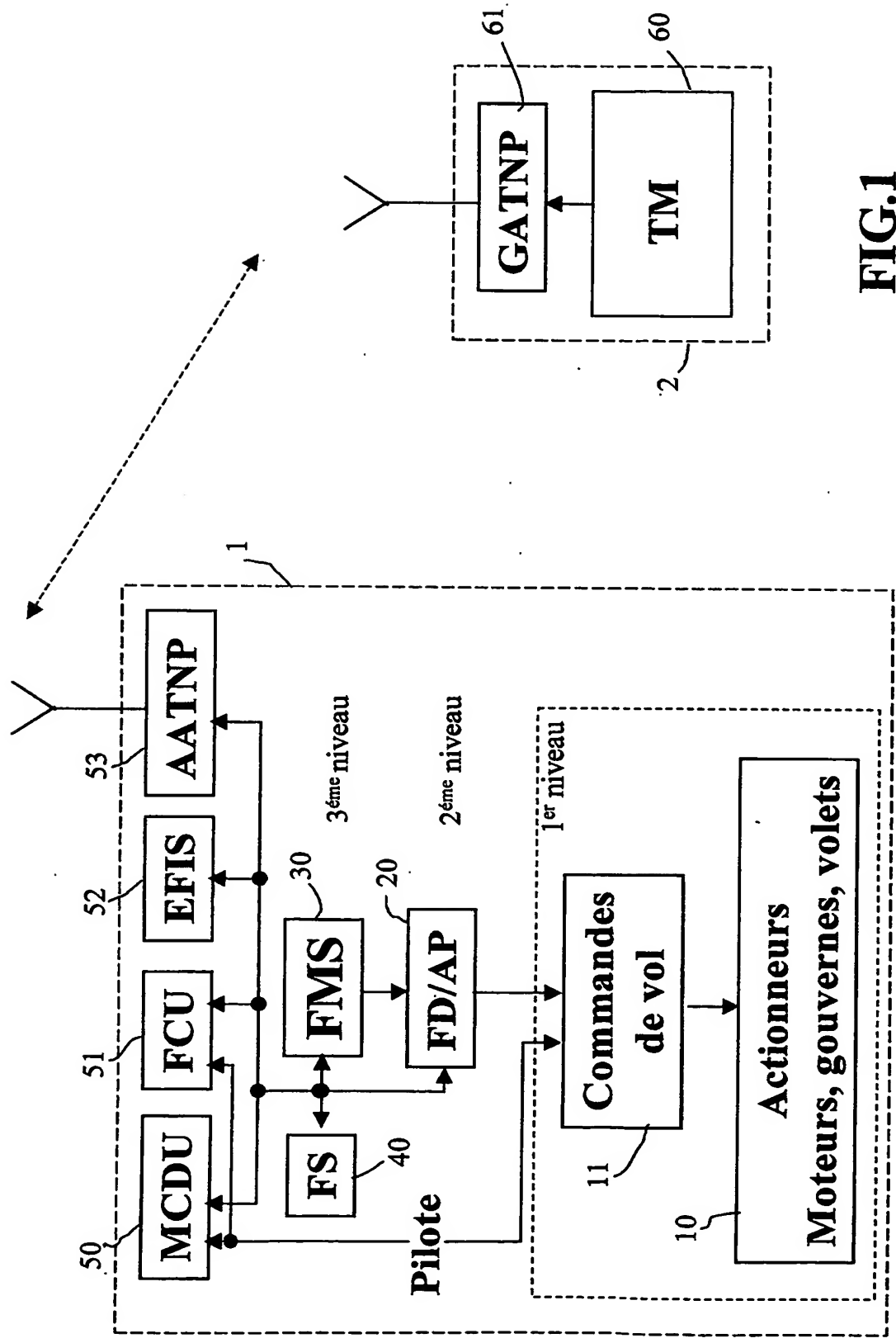


FIG.1

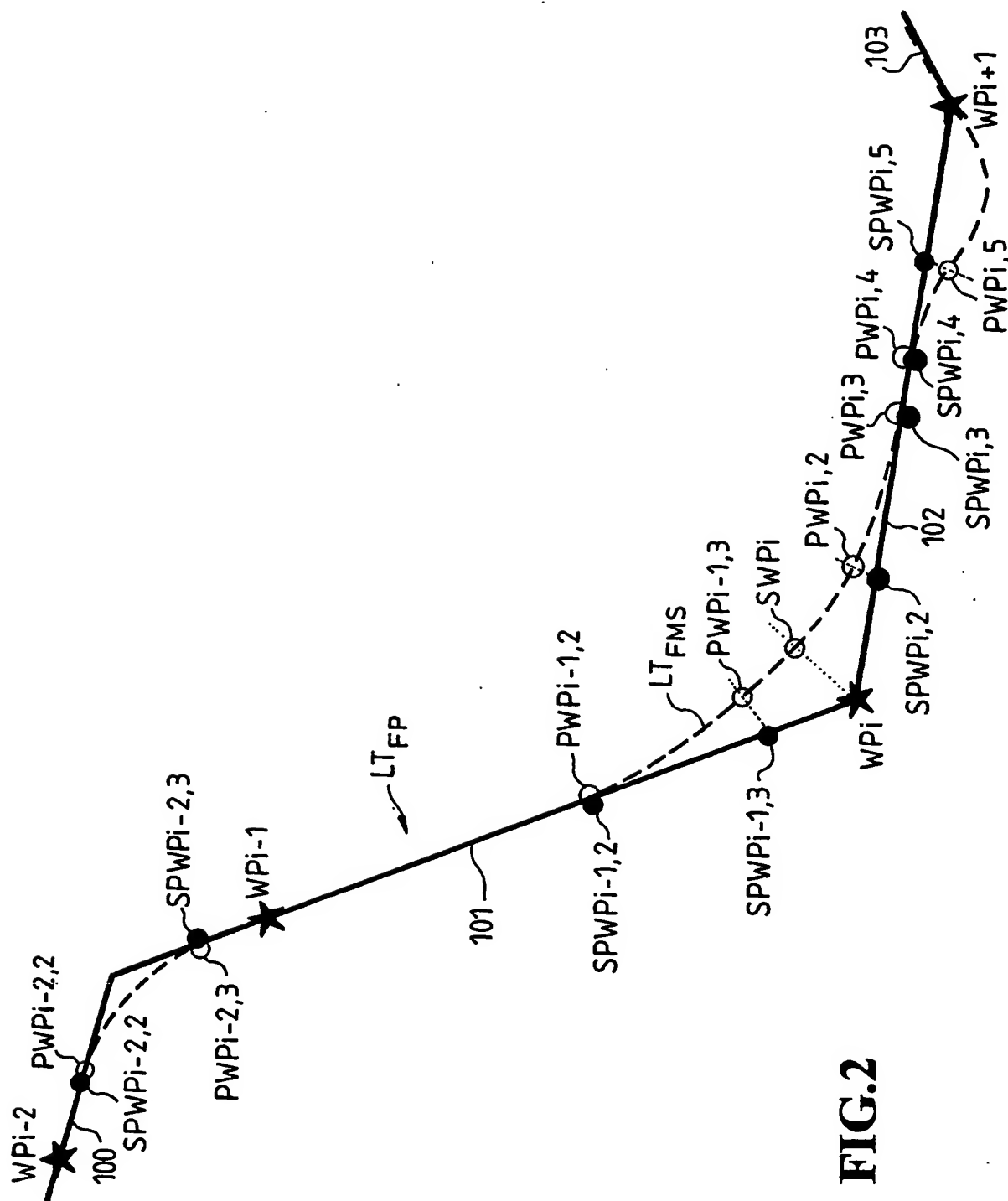


FIG.2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/052761

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G08G5/04 G01C23/00 G05D1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G08G G01C G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 5 548 515 A (PILLEY LOIS V ET AL) 20 August 1996 (1996-08-20) abstract; claims -----	1-5
A	FR 2 803 655 A (THOMSON CSF SEXTANT) 13 July 2001 (2001-07-13) the whole document -----	1-5
A	EP 0 396 070 A (HONEYWELL INC) 7 November 1990 (1990-11-07) the whole document -----	1-5
A	WO 97/28423 A (SEXTANT AVIONIQUE ; BOMANS MURIEL (FR); GRAND PERRET SYLVIE (FR)) 7 August 1997 (1997-08-07) the whole document -----	1-5



Further documents are listed in the continuation of box C



Patent family members are listed in annex

## \* Special categories of cited documents

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 February 2005

Date of mailing of the international search report

27/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Créchet, P



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/052761

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5548515	A	20-08-1996	US 5200902 A	06-04-1993
			US 6195609 B1	27-02-2001
			US 6006158 A	21-12-1999
			US 6182005 B1	30-01-2001
			US 5867804 A	02-02-1999
			US 6314363 B1	06-11-2001
			US 5740047 A	14-04-1998
			US 2004225432 A1	11-11-2004
			US 2003083804 A1	01-05-2003
			AU 8877991 A	28-04-1992
			CA 2070840 A1	10-04-1992
			EP 0592436 A1	20-04-1994
			WO 9206442 A1	16-04-1992
			US 5574648 A	12-11-1996
<hr/>				
FR 2803655	A	13-07-2001	FR 2803655 A1	13-07-2001
			CA 2396537 A1	12-07-2001
			EP 1250633 A2	23-10-2002
			WO 0150087 A2	12-07-2001
			US 2003088360 A1	08-05-2003
<hr/>				
EP 0396070	A	07-11-1990	US 4999782 A	12-03-1991
			CA 2015373 A1	03-11-1990
			DE 69015684 D1	16-02-1995
			DE 69015684 T2	10-08-1995
			EP 0396070 A2	07-11-1990
			JP 2850038 B2	27-01-1999
			JP 3063800 A	19-03-1991
<hr/>				
WO 9728423	A	07-08-1997	FR 2744525 A1	08-08-1997
			CA 2245246 A1	07-08-1997
			DE 69712185 D1	29-05-2002
			DE 69712185 T2	21-11-2002
			EP 0877915 A1	18-11-1998
			WO 9728423 A1	07-08-1997
			JP 2000504419 T	11-04-2000
			US 6163743 A	19-12-2000
<hr/>				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP2004/052761

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**

CIB 7 G08G5/04 G01C23/00 G05D1/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G08G G01C G05D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
A	US 5 548 515 A (PILLEY LOIS V ET AL) 20 août 1996 (1996-08-20) abrégé; revendications	1-5
A	FR 2 803 655 A (THOMSON CSF SEXTANT) 13 juillet 2001 (2001-07-13) le document en entier	1-5
A	EP 0 396 070 A (HONEYWELL INC) 7 novembre 1990 (1990-11-07) le document en entier	1-5
A	WO 97/28423 A (SEXTANT AVIONIQUE ; BOMANS MURIEL (FR); GRAND PERRET SYLVIE (FR)) 7 août 1997 (1997-08-07) le document en entier	1-5

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 février 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Créchet, P

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/EP2004/052761

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5548515	A	20-08-1996	US 5200902 A	06-04-1993
			US 6195609 B1	27-02-2001
			US 6006158 A	21-12-1999
			US 6182005 B1	30-01-2001
			US 5867804 A	02-02-1999
			US 6314363 B1	06-11-2001
			US 5740047 A	14-04-1998
			US 2004225432 A1	11-11-2004
			US 2003083804 A1	01-05-2003
			AU 8877991 A	28-04-1992
			CA 2070840 A1	10-04-1992
			EP 0592436 A1	20-04-1994
			WO 9206442 A1	16-04-1992
			US 5574648 A	12-11-1996
FR 2803655	A	13-07-2001	FR 2803655 A1	13-07-2001
			CA 2396537 A1	12-07-2001
			EP 1250633 A2	23-10-2002
			WO 0150087 A2	12-07-2001
			US 2003088360 A1	08-05-2003
EP 0396070	A	07-11-1990	US 4999782 A	12-03-1991
			CA 2015373 A1	03-11-1990
			DE 69015684 D1	16-02-1995
			DE 69015684 T2	10-08-1995
			EP 0396070 A2	07-11-1990
			JP 2850038 B2	27-01-1999
			JP 3063800 A	19-03-1991
WO 9728423	A	07-08-1997	FR 2744525 A1	08-08-1997
			CA 2245246 A1	07-08-1997
			DE 69712185 D1	29-05-2002
			DE 69712185 T2	21-11-2002
			EP 0877915 A1	18-11-1998
			WO 9728423 A1	07-08-1997
			JP 2000504419 T	11-04-2000
			US 6163743 A	19-12-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**